

Renai

Kajian Politik Lokal dan Sosial-Humaniora

JERAT KRISIS PANGAN DAN ENERGI

■ Mengangkat Martabat Pertanian dan Pangan Indonesia Sebagai Upaya Menciptakan Ketahanan Pangan
Sudhamek AWS, SE, SH

■ Memberdayakan Pertanian dan Petani Desa: Pengalaman Yayasan Obor Tani
Ir. Budi Dharmawan

■ Kesiapan Provinsi Jawa Tengah Menghadapi Empat Ancaman Ketahanan Pangan
Ir. Aries Budiono

■ Tantangan Konversi Tanaman Pangan ke Tanaman Sumber Energi
Dr. Ir. Lindayani Yahya, MP

■ Pengembangan Kedelai Unggul Lokal-Nasional Sebagai Upaya Penanganan Krisisi Pangan
Dr. Ir. Bistok H. Simanjuntak, MSi

■ Keberpihakan Pada Petani dalam Persoalan Ketahanan Pangan dan Krisis Energi
Dr. Ir Paulus Wiryono, SJ

■ Krisis Alam, Krisis Pangan, dan Sistem Pertanian Organik Rasional (SPOR) sebagai Jawaban
RP Djoko Moerwono



Diterbitkan oleh Yayasan Persemaian Cinta Kemanusiaan (Percik) untuk menyajikan tulisan hasil penelitian dalam ilmu sosial dan humaniora. Diharapkan kajian ini bisa berfungsi sebagai forum komunikasi sehingga akan tercipta jaringan kerjasama antar peneliti, baik yang bersifat lokal, nasional maupun internasional. Isi tulisan yang dimuat tidak mencerminkan pandangan Yayasan PERCIK dan tanggungjawab berada di tangan penulis. □

Sejak tahun 1996, Yayasan PERCIK telah menggunakan logo yang menggambarkan simbol percikan air yang jatuh ke tanah. Makna logo itu adalah representasi dari cita-cita yayasan yang ingin berperan bagaikan percikan air yang jatuh di atas tanah gersang yang memendam potensi konflik dan miskin rasa damai. Percikan air, betapa pun kecilnya, diharapkan akan memberikan rasa damai bagi umat manusia. Di samping itu, makna kata “percik” bisa diasosiasikan dengan visi dan misi yayasan.

Pada hakikatnya, Yayasan PERCIK didirikan untuk memprakarsai usaha penyemaian kasih serta menjunjung tinggi harkat dan hak-hak asasi manusia dalam masyarakat yang pluralistik. Sesuai visi dan misi, sampai saat ini Yayasan PERCIK telah melaksanakan aneka penelitian dalam bidang ilmu sosial dan humaniora, menyelenggarakan pelatihan-pelatihan, membantu pemberdayaan masyarakat, memberi advokasi dalam kesadaran hukum, demokrasi, dan keadilan sosial, serta menyediakan bantuan bagi resolusi konflik. □

Renai

Kajian Politik Lokal & Sosial-Humaniora

TAHUN VIII No. 1. 2008

DAFTAR ISI

- Penanggung Jawab**
Pradjarta Dirdjosanjoto
- Ketua Dewan Redaksi**
Nico L Kana
- Dewan Redaksi**
Budi Lazarusli
Gerry van Klinken
Herudjati Purwoko
Ignatia M Hendrarti
Maksim D Prabowo
Nico L Kana
Ph Quarles van Ufford
Wisnu T Hanggoro
Roland Peek
- Redaktur Pelaksana-
Sekretaris Redaksi**
Ninik Handayani
(dibantu Ambar Istiyani)
- ISSN**
1411-7924
- **DAFTAR ISI, 1**
 - **PRAWACANA, 3**
 - **KENDALA DAN PELUANG PENGEMBANGAN KETAHANAN PANGAN**
 - Mengangkat Martabat Pertanian dan Pangan Indonesia sebagai Upaya Menciptakan Ketahanan Pangan
 - Sudhamek AWS, SE, SH, 6
 - Dimensi Spiritualitas Kepemimpinan dalam Masalah Ketahanan Pangan "*Managing Collection of Objects vs Communion of Subjects*"
 - Jusuf Sutanto, 13
 - Adaptasi Masyarakat Terhadap Krisis Pangan
 - Prof. Dr. Susetiaawan, 31
 - Kesiapan Provinsi Jawa Tengah Menghadapi Empat Ancaman Ketahanan Pangan
 - Ir. Aries Budiono, 41
 - Memberdayakan Pertanian dan Petani Desa: Pengalaman Yayasan Obor Tani
 - Ir. Budi Dharmawan, 51
 - **KEADAAN LINGKUNGAN DAN PERANAN PETANI DALAM KETAHANAN PANGAN**
 - Perubahan Iklim dan Keberlanjutan Pangan Indonesia
 - Ir. Budi Widianarko, 60
 - Tantangan Konversi Tanaman Pangan ke Tanaman Sumber Energi
 - Dr. Ir. Lindayani Yahya, MP, 72
 - Memetik Minyak dari Pohon Jarak
 - Drs. Hasan Aoni Azis US, 84
 - Pengembangan Kedelai Unggul Lokal-Nasional Sebagai Upaya Penanganan Krisis Pangan
 - Dr. Ir. Bistok H Simanjuntak, MSi, 102
 - Krisis Pangan dan Ketidakberdayaan Pengelolaan Petani
 - Soeratman, 115

- Peranan Petani (Dan Buruh Tani) Pedesaan Jawa Sebagai Produsen Pangan (Termasuk Untuk Pasaran)

– *Dr. Nico L. Kana, 124*

- Keberpihakan Pada Petani dalam Persoalan Ketahanan Pangan dan Krisis Energi

– *Dr. Ir. Paulus Wiryono, SJ, 141*

■ PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DALAM KETAHANAN PANGAN

- Teknologi Pengolahan Pangan untuk Mendukung Ketahanan Pangan; Tinjauan Sekilas pada Teknologi Pengeringan

– *Probo Y. Nugrahedi, S.TP, MSc, Fifi Sutanto-Darmadi, Dpl. Ing, Kristina Ananingsih, ST, MSc, 156*

- Ketahanan Pangan Berbasis Pengetahuan

– *Ir. Ch. Retnaningsih, MP, 169*

- Krisis Alam, Krisis Pangan, dan Sistem Pertanian Organik Rasional (SPOR) sebagai Jawaban

– *RP Djoko Moerwono, 179*

■ TIMBANGAN BUKU

- Krisis Pangan = Krisis Ideologi?

– *Sumardi, 190*

■ TENTANG PARA PENULIS, 199

Prof. Dr. Budi Widianarko

JERAT KRISIS PANGAN DAN ENERGI

Nomor ini merupakan edisi khusus, memuat 15 tulisan yang dibahas dalam Seminar *Renai* ke 12 tentang Krisis Pangan dan Energi yang merupakan kerjasama antara *Renai* (Percik), Garuda Food, dan Program Magister Teknologi Pangan, UNIKA Soegijapranata. Dalam edisi kali ini tidak hanya menyajikan 11 penulis dengan latar belakang akademisi/peneliti melainkan juga melibatkan pelaku usaha nasional (Sudhamek AWS), penggiat pengembangan pertanian rakyat (Budi Darmawan), birokrat pertanian (Aries Budiono) dan seorang Kepala Desa (Soeratman).

Ada tiga topik yang dapat dipilahkan dalam nomor ini, yaitu 1) Kendala dan Peluang Pengembangan Ketahanan Pangan, 2) Keadaan Lingkungan dan Peranan Petani dalam Ketahanan Pangan, dan 3) Pengembangan Teknologi dalam Ketahanan Pangan. Dalam diskusi teridentifikasi bahwa sejumlah faktor berperan dalam menciptakan ancaman Krisis Pangan yang berlangsung serentak di berbagai belahan dunia sejak awal tahun 2008 ini. Forum menyepakati bahwa Krisis Pangan yang muncul saat ini adalah hasil interaksi antara faktor Perubahan Iklim (*climate change*) - beserta faktor turunannya yaitu konversi Bahan Bakar Minyak (BBM) ke bioenergi - dan faktor spekulasi bisnis BBM dan pangan di pasar global.

Dalam menghadapi ancaman Krisis Pangan, pemerintah Indonesia terkesan belum memiliki strategi yang utuh menyatu dengan strategi menghadapi perubahan iklim. Hingga pertengahan tahun 2008, pemerintah terkesan “tenang-tenang” saja, karena mengandalkan produksi beras yang diperkirakan dapat mencukupi kebutuhan domestik. Bahkan, berdasarkan surplus sesaat pada kuartal pertama tahun 2008 sebagian kalangan – termasuk Menteri Pertanian – berniat untuk mengeksport beras.

Pandangan tersebut di atas terkesan parsial dan cenderung meremehkan ancaman Krisis Pangan yang sistemik. Perubahan iklim akan mengancam ketahanan pangan negara-negara di sekitar garis ekuator. Hasil simulasi model ERS-USDA (2007) produksi pertanian di kawasan Asia Tenggara akan cenderung menurun seiring dengan peningkatan suhu. Perubahan iklim akan meningkatkan keragaman curah hujan dan frekuensi

kejadian cuaca ekstrim. Sebagai dampaknya para petani menghadapi ketersediaan air yang semakin tidak dapat diramal dan meningkatnya insiden kekeringan serta banjir. Kawasan tropik akan mengalami penurunan curah hujan.

Risiko penurunan produksi pangan di negara-negara berkembang akan semakin melanggengkan ketergantungan pada impor. Meningkatnya risiko kekeringan dan banjir diprediksi akan menurunkan produksi biji-bijian (*cereals*) di lebih dari 40 negara berkembang sebesar 15% pada tahun 2080.

Strategi ketahanan pangan yang mengandalkan pada impor bahan pangan (dan pakan) – seperti pada kasus kedelai – akan mengancam status gizi masyarakat berdaya beli rendah. Meroketnya harga pangan dunia saat ini menegaskan bahwa semua negara tidak mampu mengendalikan harga komoditi pangan.

Seandainya konsumsi pangan masyarakat tidak terlalu tertumpu pada beras dan sejumlah kecil bahan pangan saja – dengan kata lain mendayagunakan secara optimal keragaman hayati pangan yang dimiliki - maka status ketahanan pangan Indonesia akan lebih kokoh.

Momentum kenaikan harga komoditi pangan domestik baik global maupun domestik - sebagai peluang yang dilahirkan oleh Krisis Pangan – belum dimanfaatkan untuk memperbaiki taraf hidup dan daya tawar para petani, pelaku utama sektor pertanian. Inefisiensi rantai pasokan dan keterbatasan peran petani di dalamnya masih menghambat peningkatan kontribusi pertanian dalam ketahanan ekonomi ketahanan dan pangan Indonesia.

Pengembangan budidaya dan pengolahan pasca panen komoditi hortikultura, seperti buah-buahan berkualitas tinggi untuk substitusi impor dan ekspor, masih sangat terabaikan.

Pemerintah hingga saat ini belum berhasil sepenuhnya berperan sebagai fasilitator. Pembangunan sektor pertanian dan pangan memerlukan figur pemimpin dengan mutu kepemimpinan yang unggul.

Pengembangan biofuel yang mengeksploitasi lahan dan komoditi pangan akan semakin mengancam Ketahanan Pangan. Jika mengandalkan pada lahan dan komoditi yang sama, pengembangan sumber energi nabati akan mengurangi kecukupan pangan. Kebijakan pemerintah Amerika Serikat (AS) untuk memacu produksi *biofuel* berbahan dasar jagung telah menggoncangkan sistem pangan dunia – termasuk di dalam negeri AS sendiri. AS yang biasanya membanjiri dunia dengan jagung, kedelai, gandum dan beras kini mengurangi sebagian pasokannya demi memenuhi kebutuhan *biofuel*. Harga pangan di pasar internasionalpun serta merta melonjak.

Beberapa rekomendasi yang dapat diajukan untuk melepaskan diri dari risiko belitan Krisis Pangan tersebut di atas, yaitu:

- (1) Pemerintah perlu segera merumuskan strategi yang utuh dalam mengatasi krisis pangan yang integral dengan strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim.
- (2) Sebagai negara dengan kekuatan ekonomi yang terbatas, sudah saatnya bagi Indonesia untuk mengarahkan strategi pertanian dan pangannya pada Kedaulatan Pangan (*food sovereignty*).
- (3) Perlu didorong terwujudnya konsumsi pangan masyarakat Indonesia yang tidak tertumpu pada beras dan lebih mendayagunakan secara optimal keragaman hayati pangan yang dimiliki. Riset dan pengembangan dan aplikasi varietas unggul lokal perlu terus diperkuat dan didukung secara ekonomi dan politik.
- (4) Pendekatan manajemen rantai pasokan (*supply chain management*) yang memihak pada kepentingan petani perlu diaplikasikan dalam mengatasi inefisiensi rantai pasokan dan keterbatasan peran petani dalam sektor pertanian-pangan.
- (5) Komoditi hortikultura, seperti buah-buahan berkualitas tinggi untuk substitusi impor dan ekspor, perlu untuk dikembangkan secara serius untuk mengangkat status pertanian Indonesia.
- (6) Pemerintah seharusnya berperan lebih dari sekedar fasilitator melainkan sebagai akselerator. Pembangunan sektor pertanian dan pangan memerlukan figur pemimpin dengan mutu kepemimpinan yang unggul. Kepemimpinan pertanian dan pangan yang diperlukan saat ini setidaknya dicirikan oleh kemampuan (1) mengenali persoalan pertanian dan pangan sebagai sebuah sistem yang utuh, (2) mengutamakan kepentingan segenap *stakeholder* sektor pertanian-pangan (petani, industri pengolahan, pedagang dan konsumen) daripada kepentingan pribadi atau politis sesaat, dan (3) memanfaatkan krisis sebagai peluang.
- (7) Pengembangan biofuel sebaiknya tidak dikontradiksikan dengan pertanian tanaman pangan. Keduanya bukan merupakan pilihan *either or*, melainkan harus dikembangkan secara simultan. Komoditi biofuel sebaiknya dikembangkan dari tanaman non-pangan dan memanfaatkan lahan-lahan yang bukan lahan pertanian pangan.

Edisi ini ditutup dengan timbangan buku berjudul "Krisis Pangan = Ideologi?" yang disajikan oleh Sumardi. Selamat membaca! □



Probo Y. Nugrahedhi, S.TP, M.Sc, Fifi Sutanto-Darmadi, Dpl Ing, Kristina Ananingsih, ST,MSc¹

TEKNOLOGI PENGOLAHAN PANGAN UNTUK MENDUKUNG KETAHANAN PANGAN; TINJAUAN SEKILAS PADA TEKNOLOGI PENGERINGAN

Abstract

Sustainability of food security all over the world is threatened, including in Indonesia. Appropriate contributions are needed to solve these problems. Food processing technology should also increase productivity of food as well as increase the quality and safety. Drying technology, particularly by using a solar tunnel drying, followed by appropriate packaging can improve quality and safety and increase the production rate of food. Processing of cassava into flour and finally become an instant-"tiwul" by using a STD technique can improve product's quality and safety. Furthermore, the use of solar energy will reduce the massive use of fossil-based energy for processing. Bread will also become a potential food product to be produced from cassava flour by using its technology. (Keywords: Sustainability of food security, drying technology, solar tunnel drying, STD technique)

Pendahuluan

Beberapa masalah yang dihadapi dunia saat ini seperti laju pertumbuhan populasi yang tinggi, kerusakan lingkungan terutama menurunnya kesuburan tanah, ketersediaan dan kualitas air akibat eksploitasi tanah yang masif, semakin berkurangnya keragaman hayati, serta permasalahan sosial yang sangat serius seperti kemiskinan dan ketidakadilan, akan berpengaruh terhadap pencapaian ketahanan pangan yang berkelanjutan (*sustainable*) (Swaminathan, 2003). Beberapa peristiwa yang terjadi di Indonesia akhir-akhir ini seperti bencana alam, kenaikan harga

1. Rumpun Rekayasa Pengolahan Pangan. Program studi Teknologi Pangan UNIKA Soegijapranata, Semarang

pangan dan energi, konversi pemanfaatan bahan pangan menjadi sumber energi dan perusakan lingkungan semakin menunjukkan arah adanya ancaman yang sudah mewujudkan terhadap ketahanan pangan.

Dalam Undang-undang RI No. 7 tahun 1996 tentang Pangan, disebutkan bahwa ketahanan pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata, dan terjangkau. Dari sini dapat dilihat adanya empat komponen yang harus dipenuhi untuk mencapai kondisi ketahanan pangan, yaitu kecukupan ketersediaan pangan; stabilitas ketersediaan pangan; keterjangkauan terhadap pangan; serta mutu dan keamanan pangan (Aswatini et al., 2006). Tidak jauh berbeda, Lacy *et al.* (2003) menyebutkan ketersediaan (*availability*), ketercukupan (*adequacy*) dan keterjangkauan (*accessibility*) merupakan tiga hal penting ketika membicarakan ketahanan pangan. Stabilitas ketersediaan (pasokan) dan akses mengandung arti pada keberlanjutan lingkungan (*environmental sustainability*), yaitu adanya pengelolaan sumber alam yang bijaksana yang menunjang pasokan pangan. Selain itu, ketersediaan pangan nasional sangat mempengaruhi ketahanan pangan rumah tangga. Di sisi lain, rumah tangga sendiri juga harus memiliki sumber daya, terutama penghasilan, untuk memperoleh pangan yang diinginkan untuk memenuhi kebutuhan dasarnya (Smith et al., 2003).

Keberlangsungan ketahanan pangan tidak dapat dilepaskan dari peran teknologi pertanian. Perkembangan ilmu dan teknologi pertanian terus diarahkan, terutama untuk dapat diterapkan dalam peningkatan produktivitas dan kualitas hasil pertanian. Ilmu dan teknologi dapat membantu meningkatkan ketahanan pangan melalui peningkatan produksi pangan, perbaikan dalam hal ongkos produksi, perbaikan mutu pangan selama penyimpanan, pengolahan, pengemasan hingga pemasaran, dll. (Pinstrup-Andersen, 2001).

Dengan segala kontroversinya, adaptasi teknologi pertanian yang dikenal dalam Revolusi Hijau pernah mendapatkan tempat dalam memberikan kontribusi produksi pangan (terutama beras) yang besar di Indonesia. Saat ini, bioteknologi juga terus mengalami perkembangan yang pesat termasuk dalam upayanya mengatasi permasalahan produktivitas pangan dan pertanian (De Datta, 2003). Beberapa teknologi lain seperti misalnya iradiasi, penginderaan jauh (*remote sensing*), agro-ekologi berbasis petani, teknologi informasi dan komunikasi hingga penggunaan sumber energi non fosil juga dikembangkan untuk mendukung ketahanan pangan (Pinstrup-Andersen, 2001).

Meskipun demikian, hasil-hasil pertanian masih banyak mengalami permasalahan, di antaranya penurunan kualitas dan jumlah setelah panen

(*postharvest losses*). Dari sini, teknologi pengolahan pangan memberikan kontribusi khususnya dalam meningkatkan ketersediaan pangan dan keberlangsungannya, sekaligus meningkatkan kualitas dan keamanan pangan dalam bentuk pangan olahan.

Teknologi Pengolahan Pangan: Tantangan dan Peluang

Kehilangan pasca panen (*postharvest losses*) hasil-hasil pertanian masih sangat besar, bahkan untuk beberapa komoditas pangan kehilangan ini mencapai 30-40% dari total produksi (Hansen dan Narvhus, 2003). Apalagi di negara-negara tropis dengan iklim dan cuaca yang sangat berpengaruh terhadap kerusakan “alami” hasil panen produk pertanian. Ditambah lagi dengan serangan hama dan penyakit serta kerusakan fisik ataupun mekanis selama penanganan dan distribusi, terutama karena infrastruktur yang buruk.

Teknologi pengolahan pangan ditujukan untuk meminimalkan kehilangan pasca panen tersebut. Selain itu, proses pengolahan pangan juga bertujuan untuk memperpanjang umur simpan, meningkatkan kualitas dan keamanan, mempermudah penanganan dan distribusi, dan pada gilirannya meningkatkan nilai ekonomis terhadap produk olahan yang dihasilkan. Teknologi pengolahan pangan juga mempunyai pengaruh pada turunnya kandungan beberapa nilai gizi, perubahan cita rasa, berbagai biaya termasuk modal dan energi termasuk air, timbulnya limbah dan dampak terhadap lingkungan (Hansen & Narvhus, 2003).

Salah satu contoh, pengolahan dengan perlakuan panas atau suhu tinggi, suatu perlakuan pengolahan pangan yang sangat umum dan dikenal sejak lama, terbukti dapat meningkatkan umur simpan karena pengaruhnya dalam meminimalkan kerusakan akibat mikroorganisme, meningkatkan kemampuan cerna dari produk yang dihasilkan, tetapi sekaligus dapat menurunkan kandungan beberapa zat gizi yang diperlukan tubuh seperti misalnya vitamin dan juga merubah karakteristik rasa, warna dan tekstur, yang mungkin diharapkan atau justru sebaliknya.

Beberapa metode pengolahan pangan yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan-tujuan di atas di antaranya adalah teknologi pengeringan, perlakuan panas ataupun suhu rendah (sterilisasi, pasteurisasi, pembekuan, pendinginan), penggunaan bahan tambahan yang dapat mengawetkan makanan (penggaraman, pengasaman, penggulaan), teknologi fermentasi hingga teknologi pengemasan. Meskipun tersedia banyak pilihan teknologi pengolahan pangan, pada kenyataannya banyak tantangan dalam penerapannya. Menurut Narvhus (2003), terdapat tantangan-tantangan khusus di negara-negara berkembang dibandingkan dengan wilayah lain

yang lebih maju. Seperti misalnya perbedaan atau ke-khas-an bahan baku dan teknologi pengolahan lokal, keterbatasan energi, ketersediaan air, pengaruh suhu dan iklim yang sangat besar terhadap fisiologi bahan pangan maupun mutu produk yang dihasilkan, serta yang tak kalah pentingnya adalah infrastruktur yang tersedia terutama untuk mendistribusikan bahan mentah dan produk olahan.

Keberagaman sekaligus ke-khas-an hasil pertanian lokal yang tersedia sebenarnya dapat memberikan keuntungan dalam hal banyaknya pilihan bahan baku yang dapat diambil dalam mengolah dan mengonsumsi makanan. Namun demikian, keberagaman ini juga membawa dampak pada pemilihan bahan baku yang paling baik (secara kualitas maupun kuantitas), paling sesuai dengan teknologi pengolahan yang tersedia, dan juga paling menguntungkan secara ekonomis. Akibatnya, tidak mengherankan jika keanekaragaman hayati juga sekaligus berkurang karena pilihan pada bahan baku tertentu menjadi sangat dominan sehingga menyebabkan pengembangan yang hanya terfokus pada pilihan tersebut sekaligus menggerogoti keberadaan yang lain.

Teknologi Pengerinan, Sebuah Pilihan Teknologi Tepat Guna

Pengerinan merupakan proses pengolahan pangan yang bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan cara menghambat pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim. Secara singkat, mekanisme pengerinan yang terjadi pada bahan pangan terjadi melalui pengaliran udara panas ke bahan pangan sehingga menyebabkan air dalam bahan pangan menguap (Fellows, 1990).

Karena kandungan (dan aktivitas) air yang berkurang, pangan menjadi awet dan volume serta berat menjadi lebih kecil sehingga mempermudah dan menghemat ruang pengangkutan dan pengepakan, dan transport, dengan demikian diharapkan biaya produksi menjadi lebih murah. Di samping keuntungan-keuntungannya, pengerinan juga mempunyai beberapa kerugian yaitu karena sifat asal bahan yang dikeringkan mudah berubah, misalnya bentuknya, sifat-sifat fisik dan kimia, penurunan mutu dan sebagainya. (Winarno, 1993).

Keberhasilan proses pengerinan tergantung pada kecukupan energi panas untuk menguapkan air di dalam bahan pangan dengan adanya udara kering untuk menyerap uap air yang dibebaskan, dan adanya sirkulasi udara yang cukup untuk membawa uap air keluar. Hal yang perlu diperhatikan dalam proses pengerinan adalah bahwa proses tersebut sedapat mungkin berlangsung pada suhu yang tidak menimbulkan banyak

pengaruh terhadap aroma, tekstur, dan warna bahan pangan yang akan dikeringkan (Baker, 1997).

Metode pengeringan yang sampai sekarang masih banyak dilakukan pada negara-negara berkembang terutama di daerah tropis dan subtropis adalah metode pengeringan terbuka dengan sinar matahari langsung (*open-air sun drying*). Bahan yang akan dikeringkan biasanya diletakkan di atas tanah pada lahan terbuka dengan diberi alas tertentu atau rak-rak pengering. Proses pengeringan ini relatif sulit dikendalikan, membutuhkan waktu pengeringan yang lama terutama untuk kadar air dibawah 15% dan bahan pangan yang dikeringkan tidak terlindungi dari hujan, polusi udara, gangguan binatang, serta kontaminasi mikrobial dll, sehingga seringkali dihasilkan banyak produk kering yang tidak terjamin kualitasnya (Hensel and Esper, 2002; Imre, 1997; Barbosa-Cánovas, 1996; Innotech Booklet, Sutanto-Darmadi, 2006).

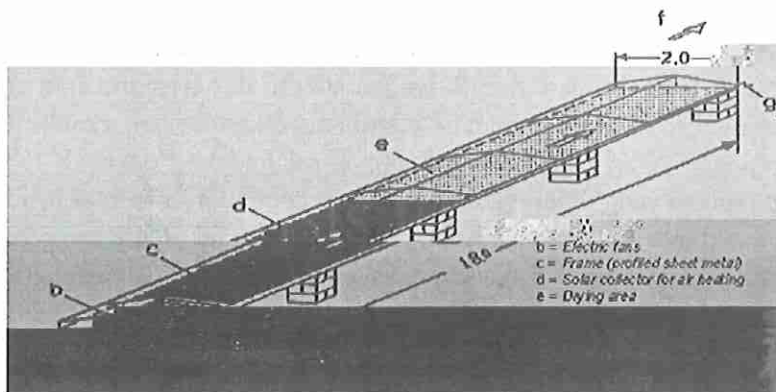
Solar Tunnel Drying

Solar Tunnel Drying (STD) adalah sebuah teknologi pengeringan sederhana dengan energi panas matahari dan menggunakan alat berbentuk terowongan, yang pada awalnya dikembangkan di Jerman. STD tersebut dikembangkan khusus untuk menghilangkan masalah-masalah yang dijumpai pada *open-air sun drying*, sehingga penerapannya ditujukan lebih banyak kepada negara-negara berkembang tropis dan subtropis. Pengembangan teknologi tersebut juga telah memungkinkan munculnya sebuah alternatif alat pengeringan tepat guna yang ramah lingkungan dengan produksi yang murah dan berkualitas dan sekaligus mempertimbangkan persyaratan cara bekerja yang baik. (Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Innotech Booklet, Sutanto-Darmadi, 2006)

Sekarang ini sudah terdapat sekitar 1000 unit STD yang beroperasi di lebih kurang 60 negara dan digunakan oleh berbagai kelompok masyarakat untuk pengeringan berbagai bahan baku seperti buah, sayur, bumbu, tanaman obat dan hasil laut. Dibandingkan dengan *open-air sun drying*, pengeringan dengan STD memberikan dampak yang jauh lebih besar dalam hal pengurangan waktu pengeringan dan perkembangan yang signifikan pada kualitas produk seperti keamanan pangan, warna, tekstur dan rasa. (Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Innotech Booklet)

Pada dasarnya, STD terdiri dari 3 komponen utama, *photovoltaic* (PV) *drive*, *solar air heater* dan *drying area*, yang telah terbukti sangat tangguh dan dapat diandalkan, meskipun memerlukan perawatan khusus pada bagian plastik penutup. Bagian pengumpul panas matahari untuk pemanas-

an udara (*solar collector for air heating*) terletak di belakang areal pengeringan yang teraliri udara pengering dengan beberapa *ventilator* terpasang (Gambar 1) (Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Innotech Booklet; Sutanto-Darmadi and Budianto, 2005)



Gambar 1. Konstruksi Solar Tunner Dyer

Sebagai contoh, sebuah STD dengan tipe TGR/10 memiliki berat sekitar 450 kg dan ukuran panjang 18 meter lebar 2 meter, terdiri atas bagian pengumpul seluas 16 m² dan bagian/areal pengeringan seluas 20 m², membutuhkan daya sebesar 12 volt / 50 watt. Jenis ini mampu menghasilkan rentang kecepatan udara sebesar 400 – 1200 m³/jam dan rentang suhu 30 – 80°C, serta kapasitas pengeringan sebesar 250 – 300 kg bahan mentah.

Untuk menghasilkan perubahan dari radiasi matahari ke panas yang efisien, permukaan dasar pengumpul *solar* dapat dicat hitam dan dilapisi dengan *panel isolator*. Dikarenakan curah hujan yang tinggi di negara-negara tropis, STD diselubungi plastik penutup *polyethylene* yang stabil akan sinar ultraviolet. Penutup plastik tersebut dipasang dengan bentuk menyerupai atap miring, sehingga dapat menghindari genangan dan masuknya air. Sedangkan untuk memudahkan pengisian dan pengambilan produk di areal pengeringan, dapat dilakukan pemasangan batang putar yang berfungsi menggulung plastik penutup (Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Innotech Booklet; Sutanto-Darmadi and Budianto, 2005)

Supaya STD memungkinkan untuk dipakai sepanjang tahun, misalnya pada musim hujan yang berkepanjangan dan juga malam hari, tambahan pemanas lainnya dapat dipasang dengan berbagai alternatif sumber energi. Sedangkan untuk pengeringan produk-produk pangan yang sensitif akan cahaya, perubahan warna pada produk dapat dihindari dengan menyelubungi areal pengeringan dengan material yang tidak dapat dilewati

cahaya (Mastekbayeva *et al.*, 1999, Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Sutanto-Darmadi, 2005).

Di wilayah-wilayah yang memiliki jaringan listrik, dapat dilakukan pemasangan *ventilator* dengan penggerak listrik, sehingga akan selalu dihasilkan aliran udara yang konstan. Kebutuhan tenaga listrik STD sangat kecil, yaitu sekitar 50 Watt, sehingga jika penggerak ventilator dilakukan di daerah-daerah tanpa jaringan listrik atau dengan jaringan listrik yang tidak selalu dapat diandalkan, maka dapat disediakan juga penggerak dengan *photovoltaic*. (Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Innotech Booklet; Sutanto-Darmadi and Budianto, 2005).

Pada tahap awal proses pengeringan ketika sejumlah besar air menguap, suhu udara pengering di STD menurun. Pada tahap kedua proses pengeringan, terjadi pertambahan panas yang timbul dari serapan radiasi matahari pada produk itu sendiri. Kehilangan panas yang timbul dari penguapan akibat kelembaban akan terimbangi oleh tambahan panas dari serapan radiasi matahari tersebut. Akibatnya, suhu yang relatif konstan dapat dipertahankan di STD, dan akhirnya tercapai pengeringan yang hampir merata di sepanjang areal pengeringan (Mujumdar 1997; Muehlbauer and Esper, 2001; Imre, 1997 Barbosa-Cánovas and Vega-Mercado, 1996).

Jika dibandingkan dengan proses *open-air sun drying*, pemanasan udara pengering di pengumpul *solar* akan menghasilkan suhu produk yang lebih tinggi, sehingga rata-rata laju pengeringannya lebih tinggi. Keuntungan pengeringan dengan STD dibandingkan dengan *open-air sun drying* yaitu pada tahap terakhir proses pengeringan. *Open-air sun drying* memerlukan waktu yang relatif jauh lebih lama untuk pengeringan sampai pada kadar kelembaban yang diinginkan, sedangkan pada STD tahapan tersebut dapat jauh dipercepat. Oleh karena itu proses dengan STD akan membawa pengurangan nyata pada waktu pengeringan (Wuryaningrum 2005; Sari, 2003; Sentosa, 2003; Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002).

Selain itu, selama proses pengeringan dengan STD, bahan pangan terlindungi dari pengaruh perubahan cuaca, serangga, burung, dan debu. Di siang hari pada suhu area pengeringan yang terkendali, yaitu sekitar 60°C, serangga-serangga yang mungkin terikut, misalnya sewaktu pengisian bahan baku dapat mati. Jika diperlukan, dapat juga dilakukan pencapaian suhu di atas 80°C di areal pengeringan dengan cara penghentian sementara aliran udara, sehingga cukup untuk membunuh mikroorganisme patogen (Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Sutanto-Darmadi, 2005).

Beberapa percobaan yang dilakukan pada lokasi-lokasi kering maupun lembab menunjukkan bahwa dengan STD dapat dihasilkan produk-

produk kering yang berkualitas tinggi dan higienis. Pemakaian STD akan dapat menghasilkan nilai ekonomi yang positif, apabila misalnya petani dapat memperoleh harga yang lebih tinggi untuk kualitas produk yang lebih baik, atau ada limbah yang ternyata dengan proses pengeringan dengan STD dapat diolah kembali menjadi produk yang potensial dipasarkan. Persyaratan lebih lanjut untuk pengadaan STD yang baik adalah produksi dengan jumlah banyak yang dapat menghasilkan produk berkualitas beragam, seperti yang biasanya dituntut dalam perdagangan produk pangan kering (Muchlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Sutanto-Darmadi, 2006).

Teknologi Pengemasan: Menjaga dan Meningkatkan yang Sudah Baik

Selain aplikasi teknologi pengeringan, upaya memperpanjang umur simpan dan memberi nilai tambah produk pangan tidak lepas dari peran teknologi pengemasan. Penerapan teknologi pengemasan memegang peran penting untuk melindungi produk dari kerusakan fisik, kimia maupun mikrobiologi, sehingga kualitas produk terjaga. Pengemasan juga memberi ciri khas produk yang menimbulkan daya tarik tersendiri.

Pengemasan menjadi hal penting untuk memperlambat kerusakan bahan pangan yang terjadi karena faktor dari dalam dan faktor luar. Faktor dari dalam meliputi kandungan air, pH, sifat fisik, serta kandungan kimia dari pangan itu sendiri. Sedangkan faktor dari luar yang mempengaruhi kerusakan pangan olahan adalah suhu penyimpanan, kelembaban relatif, dan kandungan oksigen (Potter & Hotchkiss, 1996). Kelembaban relatif yang tinggi di Indonesia mendukung cepatnya kerusakan bahan pangan. Bahan pangan akan mudah menjadi lembab sehingga rentan kontaminasi mikroorganisme. Namun, masyarakat sering tidak menyadari hal ini sehingga metode penyimpanan produk pangan kurang mendapatkan perhatian. Hal ini terjadi pula pada produk kering yang lebih mudah menjadi lembab karena sifatnya yang mudah menyerap air (higroskopis). Masyarakat sering menganggap produk kering dapat bertahan dalam waktu yang lama tanpa pengemasan tertentu, padahal kontaminasi mikroorganisme patogen akan menjadi lebih mudah, apalagi didukung kondisi udara lingkungan yang lembab.

Produk pangan kering harus dilindungi dengan kemasan yang memberikan daya tahan terhadap uap air, antara lain dengan menggunakan plastik fleksibel (seperti *polyethylene*/PE, *polypropylene*/PP, *nylon*, dan *polyethylene terephthalate*/PET), laminasi plastik ataupun laminasi foil. Laminasi plastik adalah kemasan yang terdiri dari berbagai macam bahan ke-

masan antara lain PE dan PP yang direkatkan. Penggunaan bahan-bahan kemasan tersebut dapat saling menutupi kekurangan masing – masing, sehingga plastik laminasi dapat menjaga produk dari segala macam kerusakan (Brown,1992).

Penggunaan bahan kemasan plastik memiliki beberapa keuntungan dan kerugian. Keuntungan kemasan plastik adalah sifatnya yang kuat, ringan, tidak berkarat, dan bersifat termoplastik sehingga dapat dilakukan pengeliman dengan panas (*heat sealing*) serta dapat dicetak dan diberi warna. Sedangkan kerugiannya adalah zat-zat monomer dan molekul-molekul kecil lain yang terkandung dalam plastik yang dapat bermigrasi ke dalam makanan yang dikemas serta masalah dalam daur ulang.

Pengemasan produk pangan kering terutama ditujukan untuk memenuhi syarat mutu utama yaitu kadar air dan cemaran mikroba. Produk pangan kering dalam bentuk irisan atau granula dapat dikemas dengan menggunakan bahan plastik fleksibel, laminasi plastik atau laminasi foil. Pada produk berupa tepung, pengemasan diperlukan untuk menghindari menggumpalnya tepung karena penyerapan uap air akibat kontak dengan udara. Pengemasan yang dipilih biasanya adalah *aluminium foil* atau laminasi foil.

Pengemasan produk kering dapat pula dilakukan dengan metode pengemasan vakum. Metode vakum dilakukan untuk mengurangi sebagian jumlah oksigen yang tersedia (Bureau & Multon, 1995). Melalui pengemasan vakum, kerusakan akibat bahan kimia maupun biologi pada makanan dalam kemasan dapat dihindari. Kerusakan – kerusakan tersebut biasanya disebabkan oleh adanya oksigen yang mendorong terjadinya oksidasi lemak minyak, perubahan warna ataupun pertumbuhan mikroorganisme aerobik. Penggunaan pengemasan vakum ini akan membantu mengawetkan makanan karena bahan pengemas ini memiliki daya yang tinggi terhadap gas dan uap air. Pengemasan vakum dapat menurunkan jumlah udara di dalam pengemas dan menutup pengemas secara *hermetis* sehingga dapat menjadikan keadaan vakum yang hampir sempurna di dalamnya, yang menyebabkan pangan dapat tahan lama.

Pengeringan Singkong dan Pengembangan Produk Pangan: Tiwul dan Roti

Upaya penganeekaragaman pangan sangat penting untuk mendukung ketahanan pangan, sekaligus menjaga keanekaragaman hasil pertanian. Salah satu potensi hasil pertanian adalah umbi-umbian seperti singkong yang jumlahnya cukup besar dan belum teroptimalkan di Indonesia. Penganeekaragaman pangan melalui pengolahan umbi-umbian dapat

mendukung upaya penyediaan dan pemenuhan kebutuhan pangan khususnya makanan pokok sumber karbohidrat. Melalui penerapan teknologi pengeringan, umbi-umbian ini dapat diolah menjadi tepung ubi yang selanjutnya dapat diaplikasikan dalam pengolahan produk pangan, antara lain tiwul instan dan produk *bakery* yaitu roti.

Tiwul Instan

Tiwul adalah makanan dari gaplek singkong yang ditumbuk atau dihaluskan kemudian dikukus. Modernisasi tiwul juga telah dilakukan di beberapa daerah di Pulau Jawa dengan pengembangan produk Tiwul Instan yang memungkinkan penyajian yang jauh lebih praktis dan umur simpan yang panjang.

Adanya kecenderungan tuntutan mutu produk dan proses terstandar yang semakin meluas, maka metode pengeringan ala *open-air sun drying* pada pengolahan tiwul instan, pada umumnya dilihat dari tahapan prosesnya, merupakan suatu pengolahan yang tidak tepat untuk menghasilkan produk berkualitas. Namun demikian, penerapan metode pengeringan yang biasa diaplikasikan di negara-negara industri juga kurang tepat untuk diaplikasikan di negara-negara berkembang karena tingginya biaya investasi dan kebutuhan bahan bakar fosil. *Solar tunnel drying* adalah salah satu teknologi pengering sederhana dengan tenaga matahari yang memberi peluang teknologi pengeringan tepat guna yang ramah lingkungan dan memungkinkan produksi yang ekonomis dan berkualitas.

Dalam penelitiannya, Sutanto-Darmadi dan Ananingsih (2007) menunjukkan potensi penerapan teknologi STD pada proses produksi tiwul instan. Dalam penelitian tersebut dilakukan perbandingan terhadap 3 metode pengeringan dan juga diteliti pengaruh perlakuan sebelum pengeringan, berupa suhu *blanching*. Pengamatan dilakukan terhadap waktu dan laju pengeringan serta kualitas produk meliputi kadar air, kandungan sianida dan kandungan amilosa, cemaran kapang, kemampuan rehidrasi dan mutu sensoris pada tepung singkong dan tiwul instan kering maupun siap konsumsi.

Bahan baku berupa singkong yang sudah dipilih, dikupas dan dicuci kemudian di-*blanching* pada suhu 50°C, 65°C dan 80°C selama 3 menit. Setelah itu, singkong dikeringkan dengan metode *open-air sun drying*, *solar tunnel drying* dan *cabinet drying* pada suhu 60°C. Pengeringan tahap pertama menghasilkan gaplek singkong yang kemudian digiling menjadi tepung singkong dan diuji kadar air, kandungan amilosa, dan kandungan sianida. Tepung singkong kemudian dicampur dengan air lalu dikukus. Setelah pengukusan dilanjutkan dengan tahap pengeringan kedua yang juga dengan ketiga metode pengeringan tersebut. Selama tahap pengeringan didapatkan data

kadar air untuk membuat model fungsi kadar air terhadap waktu dan laju pengeringan. Tiwul instan kering yang dihasilkan diuji kapasitas rehidrasi, kadar air, kandungan amilosa, kandungan sianida, cemaran kapang, dan mutu sensorisnya. Pengujian sensoris dilakukan juga untuk tiwul instan siap konsumsi.

Penelitian yang dihasilkan menunjukkan bahwa perlakuan suhu *blanching*, terbaik diberikan pada suhu 80°C. Hasil terbaik antara berbagai metode pengeringan ditunjukkan oleh STD berdasarkan waktu dan laju pengeringan, kandungan sianida, kemampuan rehidrasi tiwul instan kering, warna, aroma dan tingkat kesukaan terhadap tiwul instan siap konsumsi, meskipun tingkat kesukaan ini juga berimbang ketika tiwul instan kering dibuat melalui metode *cabinet drying* (Sutanto-Darmadi dan Ananingsih, 2007).

Oleh karena itu teknologi STD pada penelitian tersebut disarankan penerapannya pada produksi tiwul instan dengan pertimbangan akan kemampuan teknologi tersebut memberikan proses dan mutu produk yang terbaik serta mengingat bahwa STD merupakan sebuah teknologi tepat guna yang ramah lingkungan (Sutanto-Darmadi dan Ananingsih, 2007).

Roti

Selain untuk pembuatan tiwul, tepung singkong dapat diaplikasikan pada produk pangan lain terutama karena tingginya kandungan pati yang memiliki arti penting secara fungsional, yaitu kemampuan membentuk gel yang ditentukan oleh kandungan amilosa dan amilopektin pada pati. Secara umum, kandungan karbohidrat dan protein ubi kayu mencapai 35% dan 2,6 % (USDA, 1996). Dengan karakteristik tersebut, tepung ubi kayu yang masih terbatas penggunaannya, memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam pembuatan roti. Akan tetapi, lemahnya struktur jaringan dalam adonan dan struktur adonan yang kurang seragam mengakibatkan kekuatan adonan yang kurang optimal, sehingga menghasilkan roti yang kurang mengembang, sifat *crumb* yang keras, dan pori – pori yang tidak seragam pada roti berbasis tepung non terigu (Ćuric *et al*, 2007). Solusi yang dapat dilakukan adalah pemberian bahan tambahan pada adonan yaitu senyawa hidrokoloid dan enzim serta penentuan kondisi proses *proofing* untuk menghasilkan kualitas roti non terigu yang optimal.

Penambahan senyawa hidrokoloid pada adonan roti bebas gluten (non terigu) ditujukan untuk menghasilkan sifat viskoelastis dan meningkatkan struktur dan pengembangan adonan dengan pengikatan air dan pemerangkapan gas yang optimal. Xanthan gum dan gum arab dapat digunakan sebagai hidrokoloid (Ćuric *et al*, 2007). Enzim diperlukan agar menghasilkan produk roti yang lebih konsisten. Suplemen enzim ini dapat

mempermudah pembuatan adonan, mengontrol karakteristik produk akhir seperti rasa, volume pengembangan, tekstur remah, dan sifat anti-staling. Jenis enzim yang biasa digunakan sebagai suplemen dalam pembuatan roti adalah xylanase, α -amilase, protease, glukoseoksidase dan lipase (Suwarsono, 2006).

Penutup

Banyaknya ancaman dalam ketahanan pangan menjadikan upaya-upaya untuk mengatasinya juga harus dilakukan dari berbagai bidang dan peran. Teknologi pengolahan pangan memberikan kontribusi dalam mendukung ketahanan pangan, terutama dari aspek peningkatan produksi dan kualitas serta keamanan pangan yang dihasilkan. Meskipun demikian, pilihan atas teknologi yang tersedia juga seharusnya disesuaikan dengan potensi yang tersedia dan kebutuhan yang nyata. Teknologi pengeringan dengan metode *solar tunnel drying* memiliki potensi besar untuk dapat diterapkan di Indonesia yang beriklim tropis, ditambah dengan penyempurnaan kestabilan produk yang dihasilkan selama penyimpanan dan distribusi melalui teknologi pengemasan yang tepat. Tiwul instan sebagai salah satu produk olahan dari singkong yang ditepungkan dapat dihasilkan dengan kualitas yang baik dengan teknologi yang lebih hemat dan efisien. Selain itu, tepung singkong juga diperkirakan memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi produk roti melalui beberapa penyesuaian perlakuan. Tentu saja, peran teknologi pengolahan pangan seperti teknologi pengeringan ini juga harus dikaji lebih dalam terutama kaitannya dalam menunjang ketahanan pangan untuk masyarakat luas, dalam arti keuntungan atas penerapan teknologi ini juga harus diutamakan untuk kesejahteraan para pelaku pertanian. □

Daftar Pustaka

- Baker, C. G.J. 1997. Dryer Selection. In: Industrial Drying of Foods. Edited by Baker G. J. Blackie Academic and Profesional. Madras.
- Barbosa-Cánovas, G. V. and Vega-Mercado, H. 1996. Dehydration of Foods. International Thomson Publishing. Tokyo, Toronto, Washington.
- Brown, W.E. (1992). Plastics in Food Packaging. Marcel Dekker Inc. New York.
- Bureau, G. and J.L. Multon. (1995). Food Packaging Technology. VCH Publisher, Inc. New York.

- Ćuric, Duška *et al* (2007). Gluten-Free Bread Production by the Corn Meal and Soybean Flour Extruded Blend Usage. *Agriculturae Conspectus Scientificus University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology* Vol. 72 No.3, page 227-232.
- De Datta, S.K. 2003. Ensuring Food Security and Environmental Stewardship in the 21st Century. Dalam Lal, Ratan *et al* (eds) *Food Security and Environmental Quality in the Developing Countries*. Lewis Publ. Boca Raton.
- Fellows, P. 1990. Food Processing Technology. Ellis Horwood Limited. England.
- Hansen, P.M.T dan J.A. Narvhus. 2003. Postharvest Food Technology for Village Operations. Dalam Lal, Ratan *et al* (eds) *Food Security and Environmental Quality in the Developing Countries*. Lewis Publ. Boca Raton.
- Hensel, O. and Esper, A. 2002. The Hohenheim solar tunnel dryer – 20 years of success, ITDG Food Chain 31.
- Imre, L. 1997. Solar Dryers. In: Industrial Drying of Foods. Edited by Baker G. J. Blackie Academic and Profesional. Madras.
- Innotech Booklet. Solarer Tunneltrockner – Ausgereifte Technik für tropische und subtropische Länder. Innotech Ingenieursgessellschaft mbH.
- Muehlbauer, W. And Esper, A. 2001. Solarer Tunneltrockner für Früchte, Gemüse und Gewürze. Zeitschrift erneubare Energie (2001/01). Germany.
- Mujumdar, A. S. 1997. Drying Fundamentals. In: Industrial Drying of Foods. Edited by Baker G. J. Blackie Academic and Professional. Madras.
- Narvhus, J.A. 2003. Storage and Processing of Agricultural Products. Dalam Lal, Ratan *et al* (eds) *Food Security and Environmental Quality in the Developing Countries*. Lewis Publ. Boca Raton.
- Pinstrup-Andersen, P. (ed). 2001. Appropriate Technology for Sustainable Food Security. International Food Policy Research Institute. Washington
- Potter, N. & J. H. Hotchkiss. (1996) Food Science. CBS Publishers & Distributors. New Delhi.
- Sutanto-Darmadi, F. 2006. Product Quality: A Strategy to Meet the Global Challenges. In: Renai - Globalisasi Pangan. Tahun VI No. 2.
- Sutanto-Darmadi, F. dan Ananingsih, K. 2007. Studi Penerapan Teknologi Solar Tunnel Drying pada Proses Produksi Tiwul Instan. Laporan Penelitian.
- Sutanto-Darmadi, F. and Budianto, R. 2005. Teknologi Pengeringan dengan *Solar Tunnel Dryer*. Prosiding Seminar Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi 2005. Semarang.
- Suwarsono, S. (2006). Suplemen Enzim Untuk Tepung, sebagai Bread Improver. Majalah Food Review Bulan Oktober Vol.1 No.9 Hal.32 - 37. PT Media Pangan Indonesia. Bogor.
- Swaminathan, M.S. 2003. The Century of Hope. Dalam Lal, Ratan *et al* (eds) *Food Security and Environmental Quality in the Developing Countries*. Lewis Publ. Boca Raton.
- Winarno, F. G. 1993. Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumen. PT Gramedia. Jakarta.